

0107829

Int. Cl.:

H 02 k, 9/20

B10

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



(2)

Deutsche Kl.: 21 d1, 56/01

Rohr

(10)

# Offenlegungsschrift 2 310 704

(11)

Aktenzeichen: P. 23 10 704.2

(21)

Anmeldetag: 3. März 1973

(22)

Offenlegungstag: 20. September 1973

(43)

Ausstellungspriorität:

(30)

Unionspriorität

(32)

Datum: 7. März 1972

(33)

Land: V. St. v. Amerika

(31)

Aktenzeichen: 232385

(54)

Bezeichnung: Durch rotierende Wärmeleitung gekühlte dynamoelektrische Maschine

(61)

Zusatz zu:

(62)

Ausscheidung aus:

(71)

Anmelder: General Electric Co., Schenectady, N.Y. (V.St.A.)

Vertreter gem. § 16 PatG: Schüler, H., Dr. rer.nat., Pat.-Anw., 6000 Frankfurt

(72)

Als Erfinder benannt: Brinkman, William Guy, Schenectady, N.Y. (V.St.A.)

DT 2 310 704

BEST AVAILABLE COPY

**Dr. rer. nat. Horst Schüler**  
PATENTANWALT

**2310704**

**6 Frankfurt/Main 1, den 2. März 1973**  
Niddastrasse 52 Vo./he.  
Telefon (0611) 237220  
Postcheck-Konto: 282420 Frankfurt/M.  
Bank-Konto: 225/0389  
Deutsche Bank AG, Frankfurt/M.

**2313-59-MM-00196**

**GENERAL ELECTRIC COMPANY**  
1 River Road  
Schenectady, N.Y./U.S.A.

---

**Durch rotierende Wärmeleitung gekühlte dynamoelektrische Maschine**

---

Die Erfindung bezieht sich auf eine dynamoelektrische Maschine mit verstärkter Rotorkühlung und insbesondere auf eine dynamoelektrische Maschine, in der die Wärme von dem Rotor durch den Durchfluß von Kühlmittel auf Grund dessen Wärmezyklus abgeführt wird, wobei die Zentrifugalkraft des Rotors ausgenutzt wird, um das Kühlmittel zwischen dem Kondensor und Verdampfer zu transportieren.

Die Kühlung tropfwassergeschützter oder offener dynamoelektrischer Maschinen erfolgt typischerweise dadurch, daß Luft durch die

**309838/0443**

Maschine hindurchgeleitet wird, um Wärme durch Konvektion von den wärmeerzeugenden Komponenten in der Maschine zu absorbieren. Auch wenn eine Ventilation normalerweise für die meisten Maschinenvorgänge ausreichend ist, werden bei zunehmender Kompaktheit der Maschinen die Fläche der Kanäle für die Luftströmung durch die Maschine hindurch verkleinert, wodurch das Luftvolumen abnimmt, das hindurchströmen kann. Um eine weitere Kühlung dynamoelektrischer Maschinen zu erreichen, kann die Maschine auch dicht abgeschlossen und flüssiges Kühlmittel in direktem Kontakt mit den wärmeerzeugenden Bereichen der Maschine durch diese hindurch geleitet werden. Derartige Systeme erfordern typischerweise mechanische Pumpen, um Kühlmittel durch die Maschine hindurchzuleiten, und die Ventilations- und Reibungsverluste der Maschine werden durch die Wechselwirkung des flüssigen Kühlmittels mit dem rotierenden Rotor wesentlich erhöht.

Es ist weiterhin bekannt, daß Wärme unter Verwendung von Wärmeleitungen mit Gravitationskraft abgeführt werden kann, d.h. von Kühlsystemen, die keine getrennten Pumpeinrichtungen für den Kühlmitteltransport erfordern, oder durch Dichte (wicks), die in typischerweise stationären Wärmeleitungen verwendet werden, um das Kühlmittel durch das System zu leiten, während die Zentrifugalkraft für einen Kühlmitteltransport normalerweise in rotierenden Wärmeleitungen ausgenutzt wird. Beispielsweise ist bisher vorgeschlagen worden, daß die Rotorwelle einer dynamoelektrischen Maschine als eine Wärmeleitung verwendet wird, indem der Innenraum der hohlen Rotorwelle konisch ausgebildet wird, um das Kühlmittel, das außerhalb der axialen Ausdehnung des Rotors in einen flüssigen Zustand kondensiert ist, für eine erneute Verdampfung in den Rotorinnenraum zurückzuleiten. In ähnlicher Weise ist vorgeschlagen worden, daß die Rotorstäbe eines Käfigläuferrrotors hohl ausgebildet sind und von wenigstens einem Ende der Rotorfläche vorragen, damit die Stäbe als Wärmeleitungen zur Kühlung des Rotorinnenraumes verwendet werden können. Eine Flüssigkeitsströmung von dem vorstehenden Ende der Rotorstäbe in den Rotor-

309838/0443

innenraum würde jedoch im allgemeinen in der Weise durchgeführt werden müssen, daß der Innenraum der Rotorstäbe mit einem Dach versehen oder konisch ausgebildet wird, wobei komplizierte Bearbeitungsverfahren verwendet werden, und die verlängerten Stäbe müssen durch geeignete Stütztechniken gehaltert werden.

Es ist deshalb eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine dynamoelektrische Maschine mit verstärkter Rotorkühlung zu schaffen, die durch Wärmeleitungen erzeugt wird.

Diese und andere Aufgaben der vorliegenden Erfindung werden durch eine dynamoelektrische Maschine mit einem Verdampfer gelöst, der sich in thermischem Kontakt mit dem <sup>Wärme</sup>erzeugenden Bereich des Rotors befindet, um Wärme von diesem durch die Verdampfung des Kühlmittels in dem Verdampfer zu absorbieren. Das verdampfte Kühlmittel strömt dann radial nach innen (auf Grund der Zentrifugalkraft, die auf Grund der eine höhere Dichte aufweisenden Flüssigkeit wirksam ist) durch geeignete Leitungen hindurch zu einem Kondensator, der entlang dem Rotor in einer ausreichend kalten Umgebung fest angebracht ist, um das Kühlmittel wieder in den flüssigen Zustand zu kondensieren. Eine geeignete Leitung stellt eine Verbindung des radialen Außenendes des Kondensators mit dem Verdampfer her und gestattet, daß die Zentrifugalkraft auf das kondensierte Kühlmittel wirkt, um das Kühlmittel zum Verdampfer zurückzuleiten, damit sich der thermische Zyklus wiederholt. In einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist der Verdampfer in der Mitte der Feldpolwicklung einer Synchronmaschine angeordnet, und der Kondensator befindet sich axial außen von der Feldpolwicklung, um durch einen hindurchströmenden Luftstrom luftgekühlt zu werden.

Die Erfindung wird nun mit weiteren Merkmalen und Vorteilen anhand der folgenden Beschreibung und der beigefügten Zeichnungen verschiedener Ausführungsbeispiele näher erläutert.

Fig. 1 ist eine Schnittansicht von einer erfindungsgemäß aufgebauten Synchronmaschine.

Fig. 2 ist eine Schnittansicht nach einem Schnitt durch den Rotorfeldpol der in Fig. 1 gezeigten Synchronmaschine, um eine bevorzugte Anordnung des Verdampfers innerhalb der Feldpolwicklung darzustellen.

Fig. 3 ist eine isometrische Ansicht der Wärmeleitung, die zur Kühlung der Feldpolwicklungen der in Fig. 1 gezeigten Maschine verwendet wird.

Fig. 4 ist eine Schnittansicht von dem Rotorfeldpol, um eine alternative Anordnung des Verdampfers in der Feldpolwicklung zu zeigen.

Fig. 5 ist eine Darstellung einer bevorzugten Anordnung des Verdampfers neben vorgewickelten Spulen, die die Rotorwicklungen einer Induktionsmaschine bilden.

In Fig. 1 ist eine Synchronmaschine 10 gezeigt, die durch eine rotierende Wärmeleitung 12 gemäß der vorliegenden Erfindung gekühlt wird. Die in der Feldpolwicklung 14 des Synchronmotors erzeugte Wärme wird durch Verdampfung eines Kühlmittels 16 in einem Verdampfer 18 abgeführt. Das gasförmige Kühlmittel strömt dann zu einem Kondensator 20, der außerhalb der Feldpolwicklung angeordnet ist, um dort wieder in einen flüssigen Zustand umgewandelt zu werden. Daraufhin leitet die Zentrifugalkraft, die auf das kondensierte Kühlmittel wirkt, das Kühlmittel zum Verdampfer zurück, um den thermischen Zyklus zu wiederholen. Da das Kühlmittel durch Zentrifugalkraft, die durch den Rotor erzeugt wird, zum Verdampfer zurückgeleitet wird, sind keine getrennten mechanischen Pumpmittel erforderlich, um das Kühlmittel durch die Wärmeleitung hindurch umzuwälzen.

Der Synchronmotor 10 weist einen allgemein üblichen Aufbau auf, abgesehen von dem darin verwendeten Kühlmittelsystem, um die Maschinenausgangsleistung auf ein Maximum zu bringen, und umfaßt im allgemeinen einen Rotor, der aus einer Vielzahl geschichteter Magnetbleche 22 gebildet wird, die auf der Welle 24 in axialer Richtung angebracht sind. Die Welle 24 ist in Lagern 26 gehalten, die auf entgegengesetzten Enden des Motorgehäuses 28 angebracht sind. Die Magnetbleche sind in üblicher Weise gestanzt, um Feldpole 30 zu bilden, von denen einer in Fig. 2 dargestellt ist. Diese Pole werden durch Herumwickeln eines kontinuierlichen isolierten Leiters 32 in einer Vielzahl von Schleifen um die geschichteten Lamellen herum gewickelt, um die Feldpolwicklung 14 zu bilden. Der Rotor der Synchronmaschine ist in Umfangsrichtung von einem Stator 34 umgeben, der in Fig. 1 dargestellt ist. Der Stator weist eine Wicklung 36 auf, die in nicht gezeigten axial verlaufenden Nuten in dem Stator befestigt sind, um den Rotor durch Wechselwirkung des Rotors mit dem Magnetfeld anzutreiben, das bei Speisung des Stators mit einer geeigneten Wechselstromquelle erzeugt wird.

Während des Wickelns der Feldpolwicklung 14 wird der Verdampfer 18 etwa in der Mitte der Wicklung angeordnet und durch die Feldpolwicklungen in seiner Lage gehalten, die anschließend darüber gewickelt werden. Um die Wicklung der Feldpole durch eine Maschine zu erleichtern, wird der Verdampfer während des Wickelns der Feldpole an einer Stelle entlang der Leitungen 40 und 42 (die den Verdampfer und den Kondensor miteinander verbinden) von dem Kondensor gelöst, so daß nur gerade, axial verlaufende Enden der Leitungen von der fertigen Feldpolwicklung vorragen. Nachdem der Feldpol vollständig gewickelt worden ist, wird der Verdampfer mit dem Kondensor verbunden, beispielsweise durch irgendein geeignetes mechanisches Verbindungsverfahren wie Löten, um eine geschlossene Kühlmitteleinheit zu bilden. Dann wird der Kondensor durch geeignete Verstrebungsmittel an der

Rotorwelle befestigt. Dies kann beispielsweise durch die dargestellten Halterungen 44 geschehen, die sich von dem Kondensator in radialer Richtung zu einem Ring 46 erstrecken, der auf die Rotorwelle 24 geschrumpft ist.

Um die Kühlung des Motors zu maximieren, sind die Kondensoren für Verdampfer, die auf entgegengesetzten Seiten eines einzelnen Feldpoles angeordnet sind, beispielsweise die Verdampfer 18a und 18b gemäß Fig. 2, vorzugsweise an axial gegenüberliegenden Enden des Rotors innerhalb des Strömungspfades der Luft angeordnet, die durch die Endbereiche des Motorgehäuses hindurchströmt. Selbstverständlich können es Konstruktionsbeschränkungen hinsichtlich der axialen Motorlänge und/oder wirtschaftliche Gründe wünschenswert machen, daß alle Kondensoren an dem einen axialen Ende des Motors angeordnet sind. Die Verdampfer sollten sich vorzugsweise auch über praktisch die gesamte Länge der Feldpolwicklung erstrecken, um Wärme von dieser abzuführen.

Der Motor 10 kann typischerweise durch Lüfter 48 gekühlt werden, die Luft durch die Lagerschilde ziehen, um die Luft über den Kondensator zu drücken, bevor die erhitzte Luft aus demjenigen Motorende herausgedrückt wird, durch das die Luft eintritt. Die aus den Endkammern herausgespülte Luft kann dann an der axial außen liegenden Fläche des mit Rippen versehenen Statorrahmens entlang geleitet werden, um den Wärmeübergang von dem Statorrahmen auf die benachbarte Luft zu verstärken. Auf Wunsch kann sich eine stationäre Wärmeleitung 62 üblichen Aufbaues in axialer Richtung durch den Stator hindurch erstrecken und von dem einen (oder beiden) axialen Enden des Stators in den Luftstrom vragen, um den Stator zusätzlich zu kühlen. Obwohl der Luftstrom in Fig. 1 in der Weise dargestellt ist, daß er an der Außenseite des Motorrahmens entlang streicht, könnte zur Ventilation des Motors auch irgendein anderer Luftströmungsverlauf verwendet werden, beispielsweise eine Luftströmung in axialer Richtung durch den Luftspalt oder andere axiale Durchlässe in

dem Motor hindurch, wobei der Luftstrom typischerweise durch einen Lüfter an einem Motorende erzeugt wird.

Ein für eine Verwendung in der vorliegenden Erfindung besonders bevorzugter Verdampfer ist in Fig. 3 dargestellt. Er enthält im allgemeinen einen in radialer Richtung langgestreckten, in Umfangsrichtung <sup>schmalen</sup> rechtwinkligen Behälter 50, der sich über praktisch die gesamte axiale Länge des Polkörpers erstreckt, d.h. der Verdampfer endet weniger als etwa 5 cm (2 Zoll) entfernt von jedem axialen Ende des Polkörpers, damit der Feldpolleiter um diesen herum gebogen werden kann. Im großen und ganzen kann der Verdampfer 18 aus irgendeinem thermisch leitenden Material gebildet werden. Vorzugsweise wird er aus rostfreiem Stahl oder Kupfer gebildet, das in die gewünschte rechtwinklige Konfiguration gepreßt ist. Um einen Kurzschluß des Feldpolleiters mit dem Verdampfer zu verhindern, sind die von dem Feldpolkörper entfernt gelegenen Verdampferkanten 52 vorzugsweise abgerundet, obwohl auch rechtwinklige Kanten verwendet werden können, wenn der Druck des Leiters gegen die Kanten nicht ausreicht, um die Isolation auf dem Leiter zu durchschneiden. Es kann auch eine dünne, d.h. weniger als 0,25 mm (10 mils) dicke, Schicht aus elektrischer Isolierung 54 wie Mylar auf den Verdampfer aufgebracht sein wenn dies erwünscht ist, um einen Kurzschluß der Feldpolwicklung zu verhindern. Der Verdampfer hat eine radiale Höhe H von wenigstens 50 % und vorzugsweise mehr als 70 % der radialen Höhe der Feldpolwicklung, um den thermischen Kontakt zwischen dem Verdampfer und der Feldpolwicklung möglichst groß zu machen. Demgegenüber sollte die Weite W des Verdampfers schmal sein, um die Kupfermenge in der Feldpolwicklung möglichst groß zu machen. Vorzugsweise sollte das Verhältnis von Höhe zu Weite des Verdampfers wenigstens 5:1 betragen. Während das vorgenannte Verhältnis von Höhe zu Weite vorzugsweise in einem einzelnen Verdampfer besteht, könnte auch eine Gruppe von Verdampfern aufgeschichtet bzw.

gestapelt sein, um die gewünschte große radiale Höhe und schmale Weite zu erreichen, die für einen guten Wärmeübergang gewünscht wird.

Das im Verdampfer verwendete Kühlmittel sollte sich durch eine Sättigungstemperatur auszeichnen, die über der Temperatur der durch die Endbereiche des Motors strömenden Luft liegt, um eine Umwandlung des verdampften Kühlmittels in einen flüssigen Zustand bei der Strömung der Luft über den Kondensator 20 zu gestatten. Darüberhinaus sollte das Kühlmittel auch bei einer Temperatur unterhalb der maximalen Betriebstemperatur der Feldpolwicklungen bei dem Gesamtdruck verdampfen, der durch den anfänglichen Kühlmittelfülldruck und die Zentrifugalkraft auf das flüssige Kühlmittel bei der normalen Betriebsdrehzahl der Maschine erzeugt wird, um eine Verdampfung des Kühlmittels im Verdampfer 18 durch den Wärmeaustausch mit den benachbarten Windungen bzw. Wicklungen zu gestatten. Im allgemeinen ist der zentrifugale Druck auf das flüssige Kühlmittel, der durch die Drehzahl der Maschine erzeugt wird, eine Funktion der Kühlmitteldichte, der Rotordrehzahl und dem Abstand des Verdampfers von der Achse des Rotors, während die Temperatur der Feldpolwicklung eine Funktion des Kupferverlustes bei einer gegebenen Last ist. Wenn somit die Nennleistung eines Synchrongenerators um 50 % erhöht werden soll, müßte die Differenz zwischen dem Feldpolwicklungsverlust bei der erhöhten Last und dem Feldpolwicklungsverlust bei Nennlast durch thermische Leitung des Verdampfers 18 abgeführt werden. Für einen Generator mit einer Drehzahl von 1 800 U/min, der einen Verdampfer mit einem mittleren Kühlmittelstand von etwa 17,5 cm (7 Zoll) von der Rotorwelle aufweist, würde Freon 21 mit einer Sättigungstemperatur von 76,7°C (170°F) als ein Kühlmittel für den Generator in einer Betriebsumgebung von etwa 55,6°C (132°F) geeignet sein. Da die Wärme auf das flüssige Kühlmittel hauptsächlich durch Verdampfungswärme übertragen wird, sollte das Kühlmittel einen größeren Teil,

und vorzugsweise wenigstens 70 %, der radialen Höhe des Verdampfers bei der Nenndrehzahl der Maschine füllen.

Der Kondensor 20 ist vorzugsweise eine schraubenförmig gewickelte Spule, die in dem durch den Lüfter 48 erzeugten Luftstrom angeordnet ist, um das verdampfte Kühlmittel in eine Flüssigkeit zu kondensieren. Typischerweise kann der Kondensor eine schraubenförmige Kupferschlange sein, die entlang dem Außenumfang der Spirale zahlreiche radiale Rippen 56 aufweist, um den Wärmeaustausch zwischen dem Kühlmittel und der Luftströmung möglichst groß zu machen, die über die äußere Oberfläche der Spule strömt. Die Kondensorspirale sollte sich auch entlang der gesamten Länge der Spule von der Welle weg in radialer Richtung erweitern, um sicherzustellen, daß das kondensierte flüssige Kühlmittel radial nach außen durch die Spule strömt, um durch die Flüssigkeits-Einlaßöffnung 58 an dem radialen Außenende des Verdampfers 18 in diesen zurückzufließen.

Während des Betriebes des Motors wird das eine hohe Dichte aufweisende flüssige Kühlmittel innerhalb des Verdampfers durch Zentrifugalkraft gegen die radiale Außenfläche des Verdampfers, wie es in Fig. 3 gezeigt ist, gedrückt, und das Kühlmittel fließt durch die Leitung 42 hindurch in den Kondensor 20 bis zu einer identischen Höhe. Wenn durch den Verdampfer Wärme von der Feldpolwicklung 14 absorbiert wird, wird ein Teil des Kühlmittels verdampft und neigt dazu, durch die radial innenliegende Öffnung 60 und die Leitung 40 hindurch zum Kondensor 20 zu strömen. Die kalte Luftströmung über den Kondensor führt dann einen Teil des Kühlmittels in eine Flüssigkeit zurück, woraufhin die Zentrifugalkraft das eine relativ höhere Dichte aufweisende flüssige Kühlmittel in einer Richtung radial nach außen an der Spule entlang bewegt, um das kondensierte Kühlmittel in den flüssigen Kühlmittelbereich des Kondensors zurückzuleiten. Da das Flüssigkeitsniveau im Kondensor 20 und im Verdampfer 18 notwendigerweise gleich sein muß, erhöht die Rückkehr des

flüssigen Kühlmittels zum Pegel des flüssigen Kühlmittels im sich Kondensor das Flüssigkeitsniveau im Verdampfer 18. Somit schließt/ der gesamte thermische Zyklus des Kühlmittels, ohne daß eine externe Pumpkraft auf das Wärmeübertragungssystem ausgeübt wird.

Aus der vorstehenden Beschreibung des thermischen Zyklus wird deutlich, daß die Einlaß- und Auslaßöffnungen des Kühlmittels nicht auf radial gegenüberliegenden Flächen des Verdampfers angeordnet zu sein brauchen, sondern von einer einzigen Seite des Verdampfers vorstehen können, vorausgesetzt daß die Kühlmittel-Auslaßöffnung aus dem Verdampfer während der Rotation des Rotors radial innen von der Oberfläche des flüssigen Kühlmittels und die Kühlmittel-Einlaßöffnung radial außen von der Oberfläche des flüssigen Kühlmittels angeordnet ist, um während der Rotation mit dem Behälter für das flüssige Kühlmittel im Kondensator in Verbindung zu stehen. Im allgemeinen machen die Einlaß- und Auslaßöffnungen auf radial gegenüberliegenden Flächen des Verdampfers die Ausnutzung des Verdampfers maximal, obwohl eine derartige Gestaltung den mechanischen Druck auf die Verbindungen zwischen dem Verdampfer und den Leitungen 40 sowie 42 etwas erhöht.

Während der Verdampfer 18 vorzugsweise in der Mitte der Feldpolwicklung einer Synchronmaschine angeordnet ist, kann der Verdampfer auch entlang einer radial verlaufenden Kante der Feldpolwicklung angeordnet sein, wie es in Fig. 4 dargestellt ist. Eine Anordnung der Verdampfer 18c und 18d neben gegenüberliegenden radialen Kanten der Feldpolwicklung gestattet eine kontinuierliche Wicklung des Feldpoles, ohne daß der Wickelvorgang unterbrochen werden muß, um den Verdampfer darin anzuordnen. Wenn jedoch ein Verdampfer nicht sowohl neben dem Feldpol als auch dem äußeren Umfang der Feldpolwicklung angeordnet ist, wie es in Fig. 4 gezeigt ist, wird der Abstand, der für einen Wärmeübergang zum Verdampfer erforderlich ist, wesentlich vergrößert. Der thermische Zyklus des Kühlmittels ist jedoch identisch mit

demjenigen der in Fig. 1 gezeigten Wärmeleitungsstruktur, wo-  
bei das in den Verdampfern verdampfte Kühlmittel zu einer Kon-  
densorspule geleitet wird, um in einen flüssigen Zustand zu-  
rückverwandelt zu werden. Anschließend wird das kondensierte  
flüssige Kühlmittel durch die Zentrifugalkraft zum Verdampfer  
zurückgeleitet, die auf das eine höhere Dichte aufweisende  
flüssige Kühlmittel innerhalb der Spule ausgeübt wird.

Der erfindungsgemäße Verdampfer ist zwar besonders geeignet  
für eine Anwendung in Verbindung mit Synchronmaschinen, der  
Verdampfer kann aber auch in Rotoren verwendet werden, die mit  
vorgeformten Spulen bewickelt werden, indem der Verdampfer neben  
den vorgeformten Spulen angeordnet wird, wie es in Fig. 5 ge-  
zeigt ist. Die radiale Höhe des Verdampfers 18e ist wiederum  
wesentlich größer als die Breite des Verdampfers, um die Menge  
der Windungen möglichst groß zu machen, die in den Rotornuten  
angeordnet werden kann. Die Wirkungsweise des Kühlmittelsystems  
ist ansonsten jedoch identisch mit derjenigen der Synchronma-  
schinen, die vorstehend beschrieben wurde.

Ansprüche

1. Dynamoelektrische Maschine mit einem Rotor, mit einem Stator und wenigstens einer Spule, die aus einem elektrischen Leiter gebildet ist, der in einer Vielzahl im wesentlichen geschlossener Schleifen um den Rotor herum gewickelt ist, um mit diesem umzulaufen, dadurch gekennzeichnet, daß ein in radialer Richtung langgestreckter Verdampfer (18) in der Spule (14) angeordnet und um die Rotorachse drehbar ist, wobei der Verdampfer (18) ein flüssiges Kühlmittel enthält, das bei einer Temperatur verdampfbar ist, die unterhalb der maximalen Betriebstemperatur der Spule bei dem Gesamtdruck auf das Kühlmittel im flüssigen Zustand bei der normalen Betriebsdrehzahl der Maschine liegt, derart, daß Wärme durch Umwandlung des Kühlmittels von einem flüssigen in einen gasförmigen Zustand von der Spule abführbar ist, ein Kondensor (20) außerhalb der Spule (14) in einer Umgebung angeordnet ist, die zur Umwandlung des gasförmigen Kühlmittels in einen flüssigen Zustand genügend kalt ist, eine Leitung (40) den Verdampfer (18) mit dem Kondensor (20) verbindet, so daß gasförmiges Kühlmittel, das durch Absorption von Wärme aus der Spule (14) erzeugt ist, von einer radial innen liegenden Öffnung (60) des Verdampfers (18) zum Kondensor (20) leitbar ist, und eine Leitung (42) vorgesehen ist, die kondensiertes flüssiges Kühlmittel von dem Kondensor (20) zu einer radial außen liegenden Öffnung (58) des Verdampfers (18) durch die Zentrifugalkräfte zurückleitet, die auf das flüssige Kühlmittel wirken.
2. Dynamoelektrische Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Verdampfer (18) eine radiale Höhe von mehr als 50 % der radialen Höhe der Spule (14) aufweist, in der der Verdampfer angeordnet ist, und die Weite des Verdampfers (18) in Richtung der Rotorrotation weniger als 20 % der Verdampferhöhe beträgt.

309838/0443

3. Dynamoelektrische Maschine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Maschine eine Synchronmaschine ist, ein Verdampfer auf jeder Seite der Feldpole (30) der Synchronmaschine angeordnet ist und die Kondensoren, die zu dem Verdampfer aufgegenüberliegenden Seiten eines gegebenen Feldpoles gehören, an axial entgegengesetzten Enden der Synchronmaschine angeordnet sind.
4. Dynamoelektrische Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Kondensor eine Spirale ist, die aus zahlreichen schraubenförmig gewickelten Windungen gebildet ist, wobei die Spirale entlang ihrer Länge eine sich von der Rotorachse entfernde radiale Kegelform besitzt, so daß kondensiertes Kühlmittel durch Zentrifugalkraft von dem Kondensor (20) zur Rückleitungsöffnung (58) für das flüssige Kühlmittel des Kondensors bewegbar ist.
5. Dynamoelektrische Maschine nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Kondensor (20) durch den Luftstrom über den Kondensor gekühlt ist, wobei die Luft an dem Ende der Maschine neben dem Kondensor (20) eintritt und aus dem gleichen Ende der Maschine nach Kühlung der Spirale aussstoßbar ist, ohne daß die Luft durch die Maschine hindurch geleitet ist.
6. Verfahren zur Kühlung eines Rotors einer dynamoelektrischen Maschine nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß ein Verdampfer (18) auf dem Rotor an einer nicht-axialen Stelle in thermischem Kontakt mit einem wärmeerzeugenden Bereich des Rotors angeordnet wird, ein Teil des Kühlmittels in einen gasförmigen Zustand verdampft wird, um durch eine radial innen liegende Öffnung (60) hindurch zu einem Kondensor (20) zu strömen, der auf dem Rotor an einer von dem wärmeerzeugenden Bereich entfernt liegenden Stelle angebracht ist, das

309838/0443

2310704

- 14 -

gasförmige Kühlmittel in dem rotierenden Kondensor (20) in einen flüssigen Zustand umgewandelt wird und das flüssige Kühlmittel durch auf dieses einwirkende Zentrifugalkräfte von dem Kondensor (20) zu einer radial außen liegenden Kühlmittel-Einlaßöffnung (58) des Kondensors zurückgeleitet wird.

309838/0443

**Leerseite**

2310704

-A-

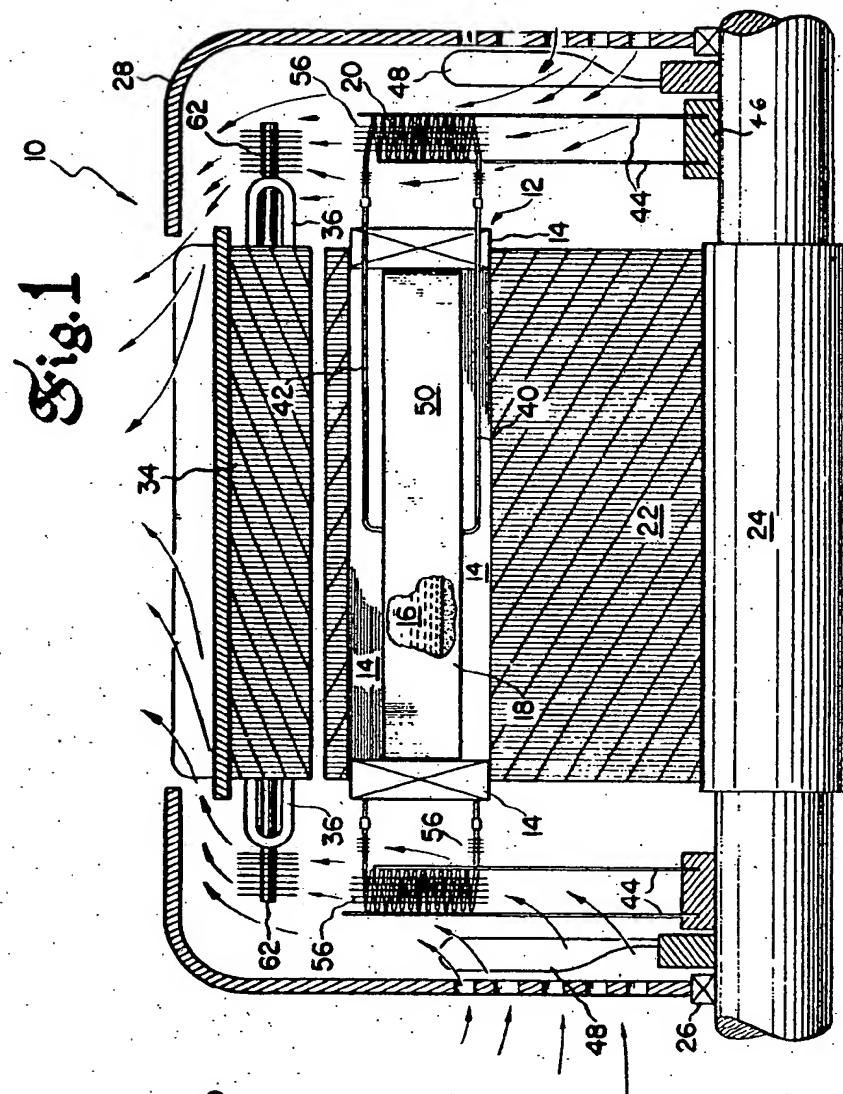


Fig. 1

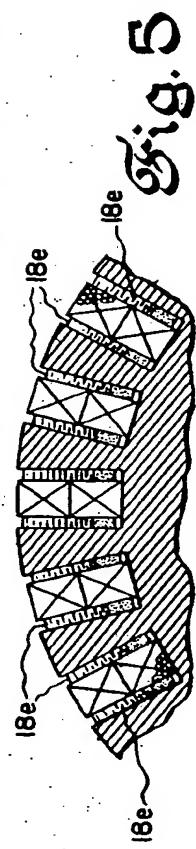


Fig. 5

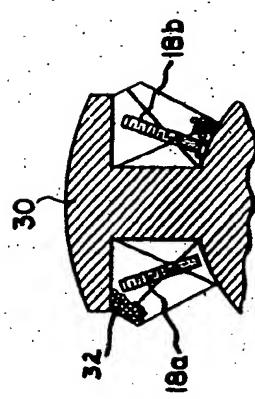


Fig. 2

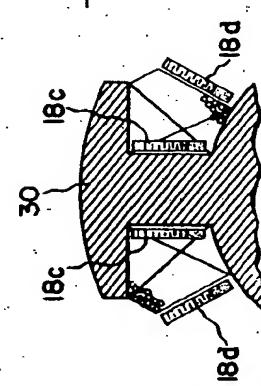


Fig. 4

309838/0443

21d1 56-01 AT:03.03.23 OT:20.09.23

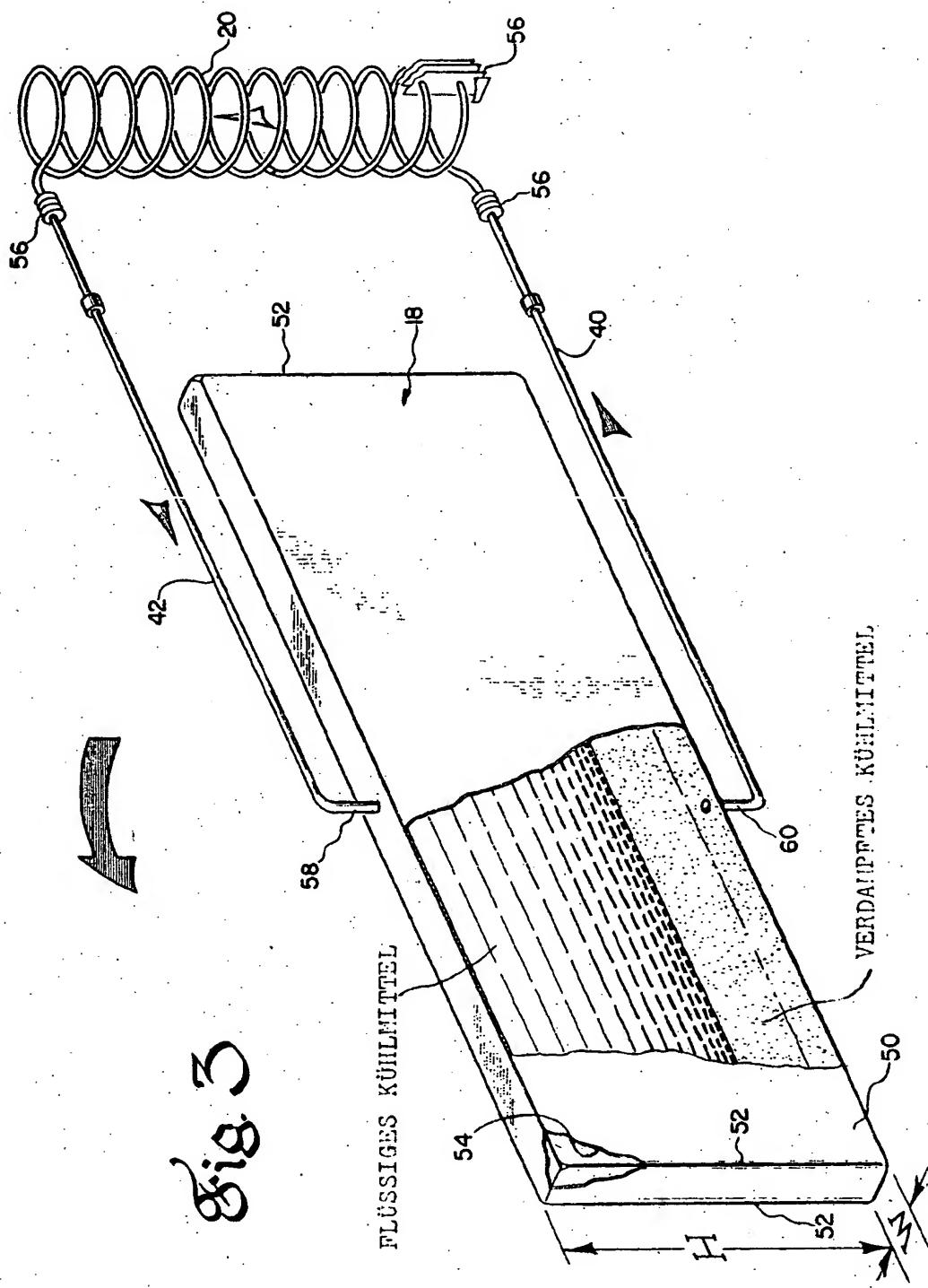


Fig 3

309838/0443

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**